

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/294

**КАРТИНЫ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИЙ, СТРУКТУРА И УПРУГО-
НАПРЯЖЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СПЛАВА TiNi,
ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИМПУЛЬСНЫМИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВЫМИ
ОБРАБОТКАМИ**

¹Миронов Ю.П., ^{1,2}Мейснер Л.Л.

¹ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

²НИИ Томский государственный университет, Томск, Россия

В настоящее время электронно-пучковая обработка поверхности металлических материалов в режиме импульсного плавления получила широкое распространение, как эффективный, удобный способ очистки и полировки (выглаживания) поверхности обрабатываемых материалов [1]. Во многих исследованиях показано, что, наряду с этим, электронно-пучковая обработка поверхностей сталей и сплавов приводит к изменению и, что важно, улучшению ряда их поверхностных свойств (электрическая прочность, коррозионная стойкость и др.) [2, 3]. Как известно, физические и химические свойства на поверхности и в поверхностных слоях материалов определяются их структурой. К настоящему времени накоплено большое количество результатов, например [4], свидетельствующих о существенном изменении структуры поверхностного слоя после его модификации с помощью импульсного электронного пучка от милли- до микросекундной длительности. Однако, несмотря на многочисленные рекомендации к использованию данного способа обработки поверхности, до сих пор не хватает систематических и детальных исследований методами рентгеновской дифрактометрии особенностей структуры, в том числе – текстуры модифицированного слоя, структурно-фазовых состояний в нем и их изменения от поверхности во внутренние слои материала. Такие результаты являются особенно важными для сплавов на основе TiNi, у которых эксплуатационные свойства чувствительны к структурному состоянию.

В докладе представлены результаты детальных рентгеновских исследований структурно-фазовых состояний, текстурных эффектов и упруго-напряженных состояний поверхностного слоя, сформированного путем обработки поверхности образца из сплава TiNi низкоэнергетическим сильноточным электронным пучком (НСЭП) микросекундной длительности в режиме импульсного плавления.

Образцы размерами 10×10×1 мм приготовлены из листового проката сплава TiNi (МАТЭК-СПФ, Россия) состава Ti-50.5(ат.%)Ni (далее – TiNi). Температуры начала прямого и обратного мартенситного B2↔B19' равны, соответственно: $M_s = 290$ К, $A_s = 303$ К. Облучение поверхности образцов микросекундным ($2,8 \pm 0,3$ мкс) НСЭП проводили на электронно-пучковой машине РИТМ-СП (Микросплав, Россия) в режиме поверхностного плавления при постоянной плотности энергии пучка ($E_s = 3,9 \pm 1$ Дж/см²) и различном числе импульсов ($n = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128$).

Рентгенодифракционный анализ образцов проводили на дифрактометре ДРОН-7 (Буревестник, Россия). С использованием рентгеновского Co-K α и Cu-K α излучения, симметричной и асимметричной схем отражений получены дифракционные картины от слоёв различной толщины, а также кривые качания от образцов до и после НСЭП-обработок. Разделены дифракционные эффекты от зон расплава и термического влияния, составляющих модифицированный слой.

Установлено, что под облученными поверхностями образцов TiNi формируются поля остаточных напряжений плоскостного типа: вдоль нормали к поверхности кристаллическая решётка имеет деформацию сжатия ($\epsilon_{\perp} < 0$), параллельно поверхности – деформацию растяжения ($\epsilon_{\parallel} > 0$). Это инициирует деформационные мартенситные превращения типа B2→R и B2→B19' (Рис.).

Секция 5. Деградация тонких пленок и многослойных покрытий как иерархически организованных структур

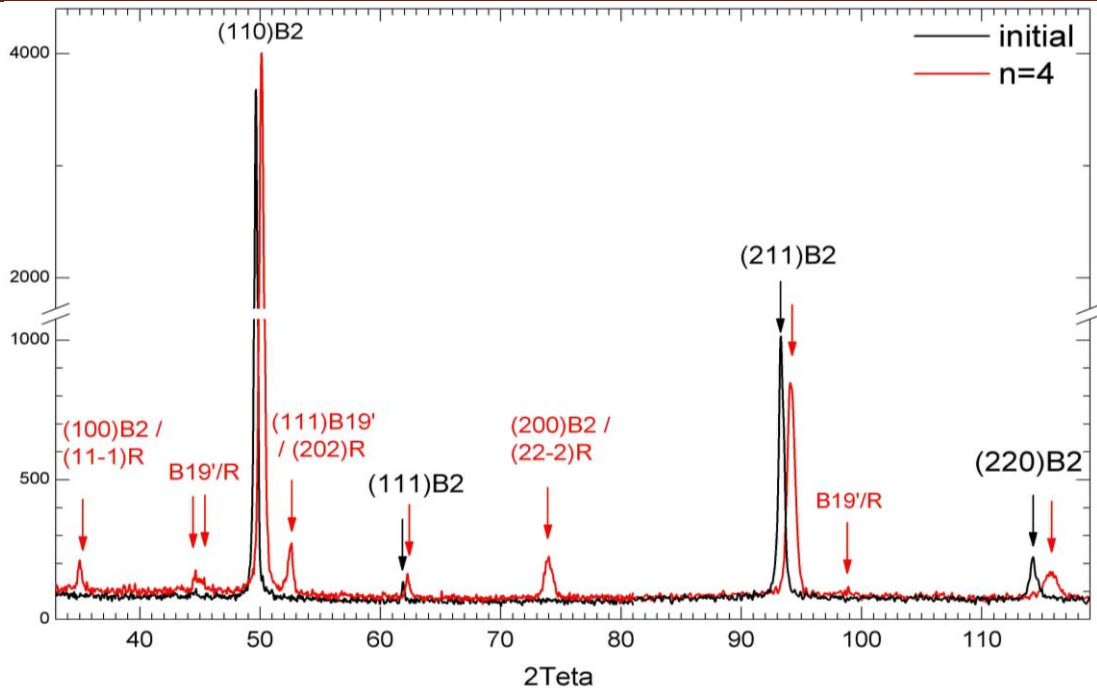


Рис. Дифрактограммы исходного образца и обработанного четырьмя импульсами НСЭП, излучение СоК α .

Средние значения компонентов деформации в модифицированном слое немонотонно нарастают с увеличением числа импульсов НСЭП-обработки до $n=32$, и затем стабилизируются.

Максимальные деформации фиксируются в приповерхностном слое и снижаются вглубь образца. В более глубоких слоях (в зоне термического влияния) сохраняется фаза В2 с исходной текстурой, но с величинами деформаций решётки ε_{\perp} до -0.8% и ε_{\parallel} до $+0.6\%$.

В переплавленном слое возникают текстуры с величиной рассеяния текстуры $\Delta\rho$ не превышающей 3° . При росте числа импульсов до $n=16$, в симметричной схеме дифракции нарастают рефлексы типа $(hh-h)_R$ (на местах положений $(h00)_{B2}$). Одновременно вдоль этого кристаллографического направления определяется максимальное сжатие решётки R (или В2) - вдоль нормали к поверхности образца (до -1.7%). При $n=32$ и более, происходит аномальный рост рефлексов системы $(hh0)_{B2}$, что предполагает преобладание в модифицированном слое текстуры кристаллизации аксиального типа с осью текстуры $\langle 110 \rangle_{B2}$, перпендикулярной облученной поверхности. Требуется проведение дополнительных исследований с изменением геометрии рентгеновских съемок для разделения рефлексов $(110)_{B2}$ и дублета R-фазы $(11-2), (300)_R$.

Исследования выполнены в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление Ш.23. Поверхностная электронно-пучковая обработка выполнена при финансовой поддержке проектом РФФИ №18-19-00198 (26.04.2018).

Литература

1. V. Rotshtein, Yu. Ivanov, A. Markov, Surface treatment of materials with low-energy, high-current electron beams, in: Y. Pauleau (Ed.), Materials Surface Processing by Directed Energy Techniques, Elsevier, 2006, pp. 205-240.
2. Zhang, X. D., et al. (2011). "Surface modification of pure titanium by pulsed electron beam." Applied Surface Science 257(13): 5899-5902.
3. Zhang, K., et al. (2006). "Improved in vitro corrosion resistance of a NiTi alloy by high current pulsed electron beam treatment." Surface and Coatings Technology 201(6): 3096-3102.
4. Zhang, K. and J. Zou (2013). "Formation of Surface Nano- and Textured Austenite Induced by Pulsed Electron Beam Irradiation under Melting Mode." Journal of Nanomaterials 2013.